

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-211650

(43)Date of publication of application : 06.08.1999

(51)Int.Cl.

G01N 15/14
G01N 15/02

(21)Application number : 10-012245

(71)Applicant : RION CO LTD

(22)Date of filing : 26.01.1998

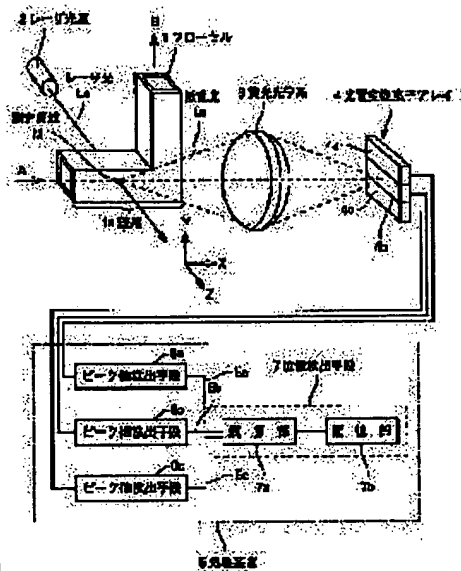
(72)Inventor : MATSUDA TOMONOBU

(54) PARTICLE PASSAGE POSITION DETECTION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the scattering light intensity of a particle from differing even if the particle diameter or the like of the particle is the same depending on the passage position of the particle at a measurement region where laser beams are applied.

SOLUTION: A detection device is provided with a flow cell 1 that is formed by a transparent member so that it is flexed, a laser light source 2 for forming a measurement region M by applying laser beams La to a straight line channel 1a of the flow cell 1, a condensation optical system 3 that has a light axis being matched to the center axis of the straight line channel 1a and condenses scattered light Ls of a particle being generated by the measurement region M, a light detection means 4 consisting of three optoelectric conversion elements 4a, 4b, and 4c for receiving the scattered light Ls being condensed by the condensation optical system 3, peak value detection means 6a, 6b, and 6c for detecting peak values Ea, Eb, and Ec of the output voltage of the three optoelectric conversion elements 4a, 4b, and 4c, and a position detection means 7 for comparing the output voltages Ea, Eb, and Ec of the peak value detection means and outputting the passage position information of the measurement region M where the particle passed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3480669

[Date of registration]

10.10.2003

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

特開平11-211650

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月6日

(51) Int.Cl.⁵G 0 1 N 15/14
15/02

識別記号

F I

G 0 1 N 15/14
15/02P
A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願平10-12245

(22) 出願日

平成10年(1998) 1月26日

(71) 出願人 000115636

リオン株式会社

東京都国分寺市東元町 3丁目20番41号

(72) 発明者 松田 朋信

東京都国分寺市東元町 3丁目20番41号 リ

オン株式会社内

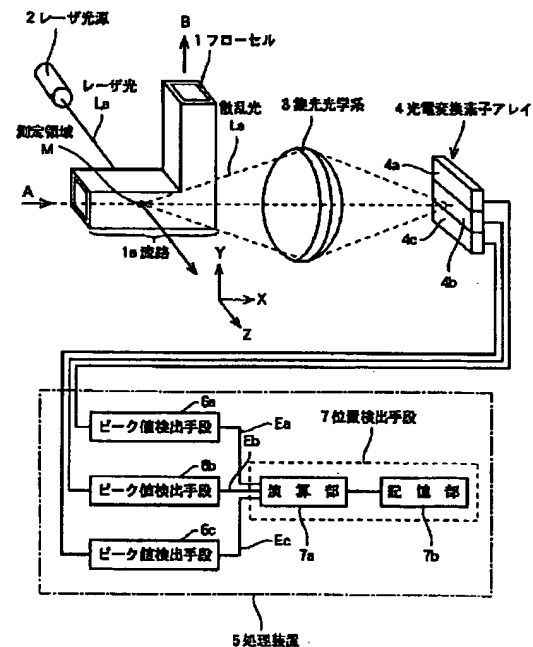
(74) 代理人 弁理士 小山 有 (外1名)

(54) 【発明の名称】 粒子通過位置検出装置

(57) 【要約】

【課題】 レーザ光が照射される測定領域における粒子の通過位置によって、粒子の粒径等が同一でも、粒子の散乱光強度が相違する。

【解決手段】 透明部材で屈曲形状に形成したフローセル1と、このフローセル1の直線流路1aにレーザ光Laを照射して測定領域Mを形成するレーザ光源2と、直線流路1aの中心軸と一致する光軸を有して測定領域Mで発生する粒子の散乱光Lsを集光する集光光学系3と、この集光光学系3が集光した散乱光Lsを受光する3個の光電変換素子4a、4b、4cから成る光検出手段4と、3個の光電変換素子4a、4b、4cの出力電圧のピーク値Ea、Eb、Ecを検出するピーク値検出手段6a、6b、6cと、このピーク値検出手段6a、6b、6cの出力電圧Ea、Eb、Ecを互いに比較して粒子が通過した測定領域Mの通過位置情報を出力する位置検出手段7を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明部材で屈曲形状に形成したフローセルと、このフローセルの流路にレーザ光を照射して測定領域を形成するレーザ光源と、前記流路の中心軸と一致する光軸を有して前記測定領域で発生する粒子の散乱光を集光する集光手段と、この集光手段が集光した散乱光を受光する複数の光電変換素子から成る光検出手段と、前記複数の光電変換素子の出力信号を検出する電圧検出手段と、この電圧検出手段の出力信号を互いに比較して粒子が通過した前記測定領域の通過位置情報を出力する位置検出手段を備えることを特徴とする粒子通過位置検出装置。

【請求項2】 前記複数の光電変換素子から成る光検出手段は、各受光面が流路の中心軸に垂直で、且つ流路の中心軸とレーザ光軸にほぼ垂直な方向に隣接して設けたN（Nは2以上の整数）個の光電変換素子から成る光電変換素子アレイである請求項1記載の粒子通過位置検出装置。

【請求項3】 前記複数の光電変換素子から成る光検出手段は、縦と横がV個×H個（V、Hとも2以上の整数）の光電変換素子から成り、各受光面が流路の中心軸に垂直である請求項1記載の粒子通過位置検出装置。

【請求項4】 透明部材で形成したフローセルと、このフローセルの流路にレーザ光を照射して測定領域を形成するレーザ光源と、前記レーザ光の中心軸と一致する光軸を有して前記測定領域で発生する粒子の散乱光を集光する集光手段と、この集光手段の光軸上に位置するトラップと、前記集光手段が集光した散乱光を受光する複数の光電変換素子から成る光検出手段と、前記複数の光電変換素子の出力信号を検出する電圧検出手段と、この電圧検出手段の出力信号を互いに比較して粒子が通過した前記測定領域の通過位置情報を出力する位置検出手段を備えることを特徴とする粒子通過位置検出装置。

【請求項5】 前記複数の光電変換素子から成る光検出手段は、各受光面がレーザ光軸に垂直で、且つ流路の中心軸とレーザ光軸にほぼ垂直な方向に隣接して設けたN（Nは2以上の整数）個の光電変換素子で成る光電変換素子アレイである請求項4記載の粒子通過位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、粒子の通過位置を検出する装置であって、例えば流路を通過する粒子の個数を粒径を弁別してカウントする粒子計数装置に適用する粒子通過位置検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の粒子計数装置としては、図18に示すように、レーザ光Laをフローセル100の内部流路に照射し、この内部流路を粒子が通過する際に、粒子が放出する散乱光Lsを集光光学系101によって光電

変換素子102に集光させ、光電変換素子102の出力信号に基づき、比較回路103及びパルス計数回路104により、内部流路を通過する粒子の個数を粒径を弁別して計数する光散乱式粒子計数装置が知られている。

【0003】光電変換素子102は、粒子が内部流路を通過すると、粒子が放出する散乱光Lsに応じたパルス状の電圧を出力する。このパルス状の電圧の波高値は、粒子の粒径によって変化する。比較回路103は、光電変換素子102の出力電圧を所定値と比較し、光電変換素子102の出力電圧が所定値より大きいとき、所定の粒径よりも大きいとしてパルス信号を出力する。このパルス信号をパルス計数回路104により計数して、粒子の個数を検出する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図18に示す光散乱式粒子計数装置においては、レーザ光Laを照射した内部流路のレーザ光強度が一定でない場合、粒径の弁別を誤って計数するという問題がある。内部流路のレーザ光強度は、一般にレーザ光束の中心部が最も高く、中心部からずれて端部に行くほど低くなるという分布（ほぼガウス分布）を示す場合が多い。

【0005】従って、粒子の粒径及び光学的性質は同じであっても、レーザ光束の端部を通過するときと、中心部を通過するときとは、粒子の散乱光Lsの強度が異なり、光電変換素子102の出力電圧が異なる。そのため、比較回路103の出力信号も異なり、パルス計数回路104が粒子を計数する場合としない場合がある。

【0006】本発明は、従来の技術が有するこのような問題点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、粒子の通過位置が分かれば、従来の問題点が解決される点に着目して、粒子が通過した流路の位置を検出することができる粒子通過位置検出装置を提供しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決すべく請求項1に係る発明は、透明部材で屈曲形状に形成したフローセルと、このフローセルの流路にレーザ光を照射して測定領域を形成するレーザ光源と、前記流路の中心軸と一致する光軸を有して前記測定領域で発生する粒子の散乱光を集光する集光手段と、この集光手段が集光した散乱光を受光する複数の光電変換素子から成る光検出手段と、前記複数の光電変換素子の出力信号を検出する電圧検出手段と、この電圧検出手段の出力信号を互いに比較して粒子が通過した前記測定領域の通過位置情報を出力する位置検出手段を備えるものである。

【0008】請求項2に係る発明は、請求項1記載の粒子通過位置検出装置において、前記複数の光電変換素子から成る光検出手段は、各受光面が流路の中心軸に垂直で、且つ流路の中心軸とレーザ光軸にほぼ垂直な方向に隣接して設けたN（Nは2以上の整数）個の光電変換素

子から成る光電変換素子アレイである。

【0009】請求項3に係る発明は、請求項1記載の粒子通過位置検出装置において、前記複数の光電変換素子から成る光検出手段は、縦と横がV個×H個（V、Hとも2以上の整数）の光電変換素子から成り、各受光面が流路の中心軸に垂直である。

【0010】請求項4に係る発明は、透明部材で形成したフローセルと、このフローセルの流路にレーザ光を照射して測定領域を形成するレーザ光源と、前記レーザ光の中心軸と一致する光軸を有して前記測定領域で発生する粒子の散乱光を集光する集光手段と、この集光手段の光軸上に位置するトラップと、前記集光手段が集光した散乱光を受光する複数の光電変換素子から成る光検出手段と、前記複数の光電変換素子の出力信号を検出する電圧検出手段と、この電圧検出手段の出力信号を互いに比較して粒子が通過した前記測定領域の通過位置情報を出力する位置検出手段を備えるものである。

【0011】請求項5に係る発明は、請求項4記載の粒子通過位置検出装置において、前記複数の光電変換素子から成る光検出手段は、各受光面がレーザ光軸に垂直で、且つ流路の中心軸とレーザ光軸にほぼ垂直な方向に隣接して設けたN（Nは2以上の整数）個の光電変換素子で成る光電変換素子アレイである。

【0012】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。ここで、図1は本発明の第1の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置の構成図、図2は図1においてレーザ光を照射した測定領域の平面断面図、図3は図1においてレーザ光を照射した測定領域の縦断面図、図4乃至図8は図1において光電変換素子アレイの受光状態（a）とそのときの出力波形（b）を示す図、図9は粒子情報参照テーブルを示す図、図10は本発明の第2の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置の構成図、図11は本発明の第3の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置の構成図、図12は図11においてレーザ光を照射した測定領域の縦断面図、図13乃至図17は図11において光電変換素子アレイの受光状態（a）とそのときの出力波形（b）を示す図である。

【0013】本発明の第1の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置は、図1に示すように、フローセル1、レーザ光源2、集光光学系3、光電変換素子アレイ4及び処理装置5から成る。

【0014】フローセル1は、透明部材から成り、所定長さの直線流路1aを有し、全体として屈曲している。フローセル1は、断面形状を四角形状とし、全体としてL型筒形状に形成したものである。直線流路1aの中心軸は、X方向と一致している。

【0015】所定長さの直線流路1aを設けた理由は、フローセル1に供試流体を流したとき、供試流体の流れを層流にするためである。なお、層流を得るための条件

としては、供試流体の粘度、直線流路の長さ、流路の断面形状及び流速などが挙げられ、直線流路1aの長さ及び流路の断面形状については、供試流体の粘度と流速を勘案して決定している。

【0016】レーザ光源2は、フローセル1の直線流路1aの所定箇所にレーザ光Laを照射して照射領域を形成する。ここで、レーザ光Laの光軸は、Z方向と一致し、X方向と一致する直線流路1aの中心軸と直交している。

【0017】また、図2に示すように、レーザ光Laの光軸とフローセル1の外壁との成す角を所定角度θに設定してもよい。これは、レーザ光Laがフローセル1の外壁に反射して反射光の一部がレーザ光源2に戻るのを防止するためである。反射光の一部がレーザ光源2に戻ると、帰還ノイズがレーザ光Laに重畳するので好ましくないからである。

【0018】なお、レーザ光Laがフローセル1の外壁で反射しないように、例えばレーザ光Laをフローセル1の外壁と同じ物質中を通して直線流路1aの所定箇所に導くことができれば、所定角度θを設定する必要はない。

【0019】集光光学系3は、フローセル1の直線流路1aの中心軸と一致する光軸を有し、図2に示す照射領域内の所定の領域M（以下、測定領域Mと呼ぶ）においてレーザ光Laを受けた粒子が発する散乱光Lsを集光する機能を備える。

【0020】光電変換素子アレイ4は、3個の光電変換素子4a、4b、4cから成り、各受光面が流路の中心軸に垂直で、且つ流路の中心軸（X方向）とレーザ光軸（Z方向）に垂直なY方向に隣接して設けられている。光電変換素子4a、4b、4cは、粒子が測定領域Mを通過する間に発する散乱光Lsを電圧に変換する。

【0021】なお、レーザ光Laの光軸とフローセル1の外壁との成す角を、図2に示す所定角度θに設定した場合には、光電変換素子4a、4b、4cの受光面を、集光光学系3の光軸に垂直な面に対して所定角度θだけ傾けてもよい。

【0022】処理装置5は、粒子が測定領域Mを通過する間に3個の光電変換素子4a、4b、4cが夫々出力する電圧のピーク値（パルス高）Ea、Eb、Ecを検出するピーク値検出手段6a、6b、6cと、粒子情報参照テーブルを作成する位置検出手段7から成る。

【0023】本発明の第1の実施の形態では、電圧検出手段として、光電変換素子4a、4b、4cが夫々出力する電圧のピーク値Ea、Eb、Ecを検出するピーク値検出手段6a、6b、6cを採用しているが、必ずしもピーク値でなく、例えば光電変換素子4a、4b、4cの出力電圧を同一のタイミングで検出し、その出力電圧を後の演算処理に使用してもよい。また、電圧検出手段として、光電変換素子4a、4b、4cの出力電圧を

所定時間だけ積分して出力してもよい。

【0024】位置検出手段7は、演算部7aと記憶部7bを備え、先ず演算部7aにおいて、次の(1)と(2)の演算処理を行い、その結果を記憶部7bに記憶して、粒子情報参照テーブルを作成する。

(1) ピーク値検出手段6bの出力電圧E_bに対するピーク値検出手段6aの出力電圧E_aの比 E_a/E_b を演算する。

(2) ピーク値検出手段6bの出力電圧E_bに対するピーク値検出手段6cの出力電圧E_cの比 E_c/E_b を演算する。

【0025】以上のように構成した本発明の第1の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置の作用について説明する。予め測定領域Mのレーザ光強度分布を知っておく必要があるため、測定領域Mのレーザ光強度分布の測定方法について説明する。

【0026】図3に示すように、矢印Aの方向から標準粒子(粒径が同一のもの)を多数含んだ流体をフローセル1に流し込む。このとき、測定領域Mのどの位置を標準粒子が通過するかによって、光電変換素子アレイ4の各光電変換素子4a、4b、4cの出力波形は様々なものとなる。そして、3個の光電変換素子4a、4b、4cから成る光電変換素子アレイ4の場合には、主な5通りの通過パターンが考えられる。

【0027】先ず、標準粒子が、図3に示す測定領域Mの中心Mcを通過する場合で、標準粒子による散乱光L_sのスポットSは、図4(a)に示すように、光電変換素子アレイ4の中央の光電変換素子4bのみに現れる。このとき、各光電変換素子4a、4b、4cの出力波形(時間tと電圧Eとの関係)は、図4(b)に示すよう

になる。即ち、光電変換素子4bのみに測定領域Mの中心Mcをある時間の間(時間t₁から時間t₂)に通過する標準粒子の散乱光L_sに応じた略パルス状の電圧(ピーク値E_b)を出力し、他の光電変換素子4a、4cはノイズに応じた略レベル電圧(ピーク値E_a、E_c)しか出力しない。

【0028】次に、標準粒子が、図3に示す測定領域Mの一端部Msを通過する場合で、標準粒子による散乱光L_sのスポットSは、図5(a)に示すように、光電変換素子アレイ4の一端の光電変換素子4aのみに現れ

る。このとき、各光電変換素子4a、4b、4cの出力波形(時間tと電圧Eとの関係)は、図5(b)に示すようになる。即ち、光電変換素子4aのみに測定領域Mの一端部Msをある時間の間(時間t₃から時間t₄)に通過する標準粒子の散乱光L_sに応じた略パルス状の電圧(ピーク値E_a)を出力し、他の光電変換素子4b、4cはノイズに応じた略レベル電圧(ピーク値E_b、E_c)しか出力しない。

【0029】同様に、標準粒子が、図3に示す測定領域Mの他端部Ms(一端部Msと対称)を通過する場合

で、標準粒子による散乱光L_sのスポットSは、図6(a)に示すように、光電変換素子アレイ4の他端の光電変換素子4cのみに現れる。このとき、各光電変換素子4a、4b、4cの出力波形(時間tと電圧Eとの関係)は、図6(b)に示すようになる。即ち、光電変換素子4cのみに測定領域Mの他端部Msをある時間の間(時間t₃から時間t₄)に通過する標準粒子の散乱光L_sに応じた略パルス状の電圧(ピーク値E_c)を出力し、他の光電変換素子4a、4bはノイズに応じた略レベル電圧(ピーク値E_a、E_b)しか出力しない。

【0030】更に、標準粒子が、図3に示す測定領域Mの経路Mmを通過する場合で、標準粒子による散乱光L_sのスポットSは、図7(a)に示すように、光電変換素子4aと光電変換素子4bの境界にまたがって現れる。このとき、各光電変換素子4a、4b、4cの出力波形(時間tと電圧Eとの関係)は、図7(b)に示すようになる。即ち、光電変換素子4a、4bが測定領域Mの経路Mmをある時間の間(時間t₅から時間t₆)に通過する標準粒子の散乱光L_sに応じた略パルス状の電圧(ピーク値E_a、E_b)を出力し、光電変換素子4cはノイズに応じた略レベル電圧(ピーク値E_c)しか出力しない。

【0031】同様に、標準粒子が、図3に示す測定領域Mの他経路Mm(経路Mmと対称)を通過する場合で、標準粒子による散乱光L_sのスポットSは、図8(a)に示すように、光電変換素子4bと光電変換素子4cの境界にまたがって現れる。このとき、各光電変換素子4a、4b、4cの出力波形(時間tと電圧Eとの関係)は、図8(b)に示すようになる。即ち、光電変換素子4b、4cが測定領域Mの他経路Mmをある時間の間(時間t₅から時間t₆)に通過する標準粒子の散乱光L_sに応じた略パルス状の電圧(ピーク値E_b、E_c)を出力し、光電変換素子4aはノイズに応じた略レベル電圧(ピーク値E_a)しか出力しない。

【0032】そして、位置検出手段7では、図4(a)に示すように、中央の光電変換素子4bのみにスポットSが現れた場合、演算部7aにおいて、光電変換素子4bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子4aのピーク電圧E_aの比 E_a/E_b を演算し、 $E_a < E_b$ であるから、比 E_a/E_b としてはほぼゼロ($E_a/E_b \approx 0$)の値を出力し、記憶部7bに記憶する。また、演算部7aにおいて、光電変換素子4bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子4cのピーク電圧E_cの比 E_c/E_b を演算し、 $E_c < E_b$ であるから、比 E_c/E_b としてはほぼゼロ($E_c/E_b \approx 0$)の値を出力し、記憶部7bに記憶する。

【0033】また、位置検出手段7では、図5(a)に示すように、一端の光電変換素子4aのみにスポットSが現れた場合、演算部7aにおいて、光電変換素子4bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子4aのピーク電

10

20

30

40

50

圧 E_a の比 E_a/E_b を演算し、 $E_a > E_b$ であるから、比 E_a/E_b として非常に大きな値($E_a/E_b \approx \infty$)を出力し、記憶部7bに記憶する。同様に、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b に対する光電変換素子4cのピーク電圧 E_c の比 E_c/E_b を演算し、 $E_c \approx E_b$ であるから、比 E_a/E_b として約1($E_a/E_b \approx 1$)の値を出力し、記憶部7bに記憶する。

【0034】また、位置検出手段7では、図6(a)に示すように、他端の光電変換素子4cのみにスポットSが現れた場合、演算部7aにおいて、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b に対する光電変換素子4aのピーク電圧 E_a の比 E_a/E_b を演算し、 $E_a \approx E_b$ であるから、比 E_a/E_b として約1($E_a/E_b \approx 1$)の値を出力し、記憶部7bに記憶する。同様に、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b に対する光電変換素子4cのピーク電圧 E_c の比 E_c/E_b を演算し、 $E_c > E_b$ であるから、比 E_c/E_b として非常に大きな値($E_c/E_b \approx \infty$)を出力し、記憶部7bに記憶する。

【0035】次に、位置検出手段7では、図7(a)に示すように、光電変換素子4aと光電変換素子4bの境界にスポットSがまたがって現れた場合、演算部7aにおいて、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b に対する光電変換素子4aのピーク電圧 E_a の比 E_a/E_b を演算し、 $E_a \approx E_b$ であるから、比 E_a/E_b として約1($E_a/E_b \approx 1$)の値を出力し、記憶部7bに記憶する。同様に、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b に対する光電変換素子4cのピーク電圧 E_c の比 E_c/E_b を演算し、 $E_c < E_b$ であるから、比 E_c/E_b としてほぼゼロ($E_c/E_b \approx 0$)の値を出力し、記憶部7bに記憶する。

【0036】また、位置検出手段7では、図8(a)に示すように、光電変換素子4bと光電変換素子4cの境界にスポットSがまたがって現れた場合、演算部7aにおいて、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b に対する光電変換素子4aのピーク電圧 E_a の比 E_a/E_b を演算し、 $E_a < E_b$ であるから、比 E_a/E_b としてほぼゼロ($E_c/E_b \approx 0$)の値を出力し、記憶部7bに記憶する。同様に、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b に対する光電変換素子4cのピーク電圧 E_c の比 E_c/E_b を演算し、 $E_c \approx E_b$ であるから、比 E_c/E_b として約1($E_c/E_b \approx 1$)の値を出力し、記憶部7bに記憶する。

【0037】なお、基準とする電圧は、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b 以外の他の光電変換素子4a、4cのピーク電圧 E_a 、 E_c でもよいし、また各ピーク電圧の和($E_a + E_b + E_c$)でもよい。要は、光電変換素子4a、4b、4cのピーク電圧の絶対値ではなく、基準電圧に対する各光電変換素子4a、4b、4cのピーク電圧の比(割合)から標準粒子による散乱光 L_s のスポットSの位置を求める方が精度が高いからである。

【0038】以上のような5通りの場合について、図9に示すように、基準電圧を光電変換素子4bのピーク電圧 E_b とした場合の粒子情報参照テーブルが作成できる。従って、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b に対する光電変換素子4aのピーク電圧 E_a の比 E_a/E_b と、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b に対する光電変換素子4cのピーク電圧 E_c の比 E_c/E_b が分かれば、粒子情報参照テーブルを参照することにより、測定領域Mにおける粒子のY方向の通過位置を5通りの中から識別することができる。

【0039】また、上記した5通りの通過パターン以外で、光電変換素子4aと光電変換素子4bの境界又は光電変換素子4bと光電変換素子4cの境界にスポットSが均等でなくまたがって現れるような測定領域Mの経路を通過した場合であっても、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b に対する光電変換素子4aのピーク電圧 E_a の比 E_a/E_b と、光電変換素子4bのピーク電圧 E_b に対する光電変換素子4cのピーク電圧 E_c の比 E_c/E_b が分かれば、比 E_a/E_b の値と比 E_c/E_b の値を粒子情報参照テーブルに当てはめることにより、測定領域Mにおける粒子のY方向の通過位置を識別することができる。

【0040】本発明の第2の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置は、図10に示すように、フローセル11、レーザ光源12、集光光学系13、光検出手段14及び処理装置15から成る。ここで、フローセル11、レーザ光源12、集光光学系13は、図1に示すものと同様の構成であるので説明は省略する。

【0041】光検出手段14は、縦(Y方向)と横(Z方向)が3個×3個のマトリックス状の光電変換素子 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{21} 、 D_{22} 、 D_{23} 、 D_{31} 、 D_{32} 、 D_{33} から成り、各受光面が流路11aの中心軸(X方向)に垂直なY-Z平面を形成している。

【0042】処理装置15は、3個×3個の光電変換素子 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{21} 、 D_{22} 、 D_{23} 、 D_{31} 、 D_{32} 、 D_{33} の夫々の出力電圧のピーク値 E_{11} 、 E_{12} 、 E_{13} 、 E_{21} 、 E_{22} 、 E_{23} 、 E_{31} 、 E_{32} 、 E_{33} を検出するピーク値検出手段16a、16b、16cと、ピーク値 E_{11} 、 E_{12} 、 E_{13} 、 E_{21} 、 E_{22} 、 E_{23} 、 E_{31} 、 E_{32} 、 E_{33} から粒子の位置を検出する位置検出手段17から成る。

【0043】ピーク値検出手段16aは光電変換素子 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} の出力電圧を時分割でサンプリングしてそのピーク値 E_{11} 、 E_{12} 、 E_{13} を検出し、ピーク値検出手段16bは光電変換素子 D_{21} 、 D_{22} 、 D_{23} の出力電圧を時分割でサンプリングしてそのピーク値 E_{21} 、 E_{22} 、 E_{23} を検出し、ピーク値検出手段16cは光電変換素子 D_{31} 、 D_{32} 、 D_{33} の出力電圧を時分割でサンプリングしてピーク値 E_{31} 、 E_{32} 、 E_{33} を検出する。

【0044】なお、ピーク値検出手段を光電変換素子 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{21} 、 D_{22} 、 D_{23} の個数分設け、測定領域Mをある時間で通過する粒子の散乱光 L_s による出力

電圧を常時サンプリングしてピーク値を検出してよい。また、電圧検出手段として、必ずしもピーク値でなく、例えば光電変換素子 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{14} 、…… D_{1j} の出力電圧を同一のタイミングで検出してよい。また、電圧検出手段として、光電変換素子 $4a$ 、 $4b$ 、 $4c$ の出力電圧を所定時間だけ積分して出力してもよい。

【0045】位置検出手段17は、演算部17aと記憶部17bを備え、先ず演算部17aにおいて、ピーク値検出手段16a、16b、16cが検出したピーク値 E_{11} 、 E_{12} 、 E_{13} 、 E_{14} 、…… E_{1j} の中から一の電圧（例えば、ピーク値 E_{12} ）を選択し、この電圧を基準にして他のピーク値との比（ E_{11}/E_{12} 、 E_{13}/E_{12} ……）を演算し、その結果を記憶部17bに記憶して、図9と同様な粒子情報参照テーブルを作成する。

【0046】また、演算部17aにおいて、ピーク値検出手段16a、16b、16cが検出したピーク値 E_{11} 、 E_{12} 、 E_{13} 、 E_{14} 、…… E_{1j} の中から最も大きいピーク値を選択し、その結果を記憶部17bに記憶して

【0047】以上のように構成した本発明の第2の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置の作用について説明する。図10に示すように、矢印Aの方向から粒子を含んだ流体をフローセル11に流し込む。このとき、測定領域Mのどの位置を粒子が通過するかによって、光検出手段14の光電変換素子 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{14} 、…… D_{1j} の出力波形は様々なものとなる。

【0048】例えば、粒子が光検出手段14の中で光電変換素子 D_{12} の受光面に対応する測定領域Mの経路を通過すると、ピーク値検出手段16a、16b、16cは粒子が測定領域Mを通過する間、粒子の散乱光Lsに応じた光電変換素子 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{14} 、…… D_{1j} の出力電圧をサンプリングしてピーク値を検出する。

【0049】この場合に、測定領域Mのレーザ光強度は、中心部が最も強く、中心部からずれて端部に行くほど弱くなるという分布（ほぼガウス分布）をしているので、粒子はレーザ光強度の弱い部分から中心部の強い部分を通り再び弱い部分を通るため、光電変換素子 D_{12} のみが略パルス状の電圧を出力し、他の光電変換素子は、ノイズに応じたレベル電圧しか出力しない。

【0050】従って、光電変換素子 D_{12} のピーク値 E_{12} を基準にした場合に、他のピーク値との比（ E_{11}/E_{12} 、 E_{13}/E_{12} ……）が分かれば、粒子情報参照テーブルを参照することにより、測定領域Mにおける粒子の通過位置を2次元（Y・Z平面）で識別することができる。

【0051】本発明の第3の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置は、図11に示すように、フローセル21、レーザ光源22、集光光学系23、トラップ20、光電変換素子アレイ24及び処理装置25から成る。

【0052】フローセル21は、透明部材から成り、所定長さの直線流路21a（Y方向）を有する。ここでは、フローセル21の断面形状は角筒形状としている。所定の長さの直線流路21aを設けた理由は、本発明の第1の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置のフローセル1の場合と同様である。

【0053】レーザ光源22は、フローセル21の直線流路21aの所定の箇所にレーザ光Laを照射して照射領域を形成する。ここで、レーザ光Laの光軸（X方向）と直線流路21a（Y方向）は交差している。

【0054】集光光学系23は、レーザ光源22の光軸と一致する光軸（X方向）を有し、図12に示す照射領域内の所定の領域M（以下、測定領域Mと呼ぶ）において発生する散乱光Lsを集光する機能を備える。

【0055】光電変換素子アレイ24は、3個の光電変換素子24a、24b、24cから成り、各受光面が集光光学系23の光軸（X方向）に垂直で、且つ流路の中心軸（Y方向）とレーザ光軸（X方向）に垂直なZ方向に隣接して設けられている。光電変換素子24a、24b、24cは、粒子が測定領域Mを通過する間に発する散乱光Lsを電圧に変換する。

【0056】集光光学系23の光軸上に位置するトラップ20は、レーザ光源22の光源光Laが直接、光電変換素子アレイ24に入射するのを阻止する。これにより、光電変換素子24には、流路21a内を通過する粒子が発する散乱光Lsのみが入射することになる。

【0057】処理装置25は、粒子が測定領域Mを通過する間に3個の光電変換素子24a、24b、24cが夫々出力する電圧のピーク値（パルス高） E_a 、 E_b 、 E_c を検出するピーク値検出手段26a、26b、26cと、粒子情報参照テーブルを作成する位置検出手段27から成る。

【0058】本発明の第3の実施の形態では、電圧検出手段として、光電変換素子24a、24b、24cが夫々出力する電圧のピーク値 E_a 、 E_b 、 E_c を検出するピーク値検出手段26a、26b、26cを採用しているが、必ずしもピーク値でなく、例えば光電変換素子24a、24b、24cの出力電圧を同一のタイミングで検出し、その出力電圧を後の演算処理に使用してもよい。また、電圧検出手段として、光電変換素子24a、24b、24cの出力電圧を所定時間だけ積分して出力してもよい。

【0059】位置検出手段27は、演算部27aと記憶部27bを備え、先ず演算部27aにおいて、次の（1）と（2）の演算処理を行い、その結果を記憶部27bに記憶して、粒子情報参照テーブルを作成する。

（1）ピーク値検出手段26bの出力電圧 E_b に対するピーク値検出手段26aの出力電圧 E_a の比 E_a/E_b を演算する。

（2）ピーク値検出手段26bの出力電圧 E_b に対する

ピーク値検出手段26cの出力電圧E_cの比 E_c/E_b を演算する。

【0060】以上のように構成した本発明の第3の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置の作用について説明する。図12に示すように、矢印Aの方向から粒子を含んだ流体をフローセル21に流し込む。このとき、測定領域Mのどの位置を粒子が通過するかによって、光電変換素子アレイ24の各光電変換素子24a、24b、24c出力波形は様々なものとなる。そして、3個の光電変換素子24a、24b、24cから成る光電変換素子アレイ24の場合には、主な5通りの通過パターンが考えられる。

【0061】先ず、標準粒子が、図12に示す測定領域Mの中心Mcを通過する場合で、標準粒子による散乱光L_sのスポットSは、図13(a)に示すように、光電変換素子アレイ24の中央の光電変換素子24bのみに現れ、矢印方向に移動する。このとき、各光電変換素子24a、24b、24cの出力波形(時間tと電圧Eとの関係)は、図13(b)に示すようになる。即ち、光電変換素子24bのみが測定領域Mの中心Mcをある時間の間(時間t₁から時間t₂)に通過する標準粒子の散乱光L_sに応じた略パルス状の電圧(ピーク値E_b)を出力し、他の光電変換素子24a、24cはノイズに応じた略レベル電圧(ピーク値E_a、E_c)しか出力しない。

【0062】次に、標準粒子が、図12に示す測定領域Mの一端部Msを通過する場合で、標準粒子による散乱光L_sのスポットSは、図14(a)に示すように、光電変換素子アレイ24の一端の光電変換素子24aのみに現れ、矢印方向に移動する。このとき、各光電変換素子24a、24b、24cの出力波形(時間tと電圧Eとの関係)は、図14(b)に示すようになる。即ち、光電変換素子24aのみが測定領域Mの一端部Msをある時間の間(時間t₃から時間t₄)に通過する標準粒子の散乱光L_sに応じた略パルス状の電圧(ピーク値E_a)を出力し、他の光電変換素子24b、24cはノイズに応じた略レベル電圧(ピーク値E_b、E_c)しか出力しない。

【0063】同様に、標準粒子が、図12に示す測定領域Mの他端部Ms(一端部Msと対称の位置)を通過する場合で、標準粒子による散乱光L_sのスポットSは、図15(a)に示すように、光電変換素子アレイ24の他端の光電変換素子24cのみに現れ、矢印方向に移動する。このとき、各光電変換素子24a、24b、24cの出力波形(時間tと電圧Eとの関係)は、図15(b)に示すようになる。即ち、光電変換素子24cのみが測定領域Mの他端部Msをある時間の間(時間t₃から時間t₄)に通過する標準粒子の散乱光L_sに応じた略パルス状の電圧(ピーク値E_c)を出力し、他の光電変換素子24a、24bはノイズに応じた略レベル電

圧(ピーク値E_a、E_b)しか出力しない。

【0064】更に、標準粒子が、図12に示す測定領域Mの一端部Msを通過する場合で、標準粒子による散乱光L_sのスポットSは、図16(a)に示すように、光電変換素子24aと光電変換素子24bの境界にまたがって現れ、矢印方向に移動する。このとき、各光電変換素子24a、24b、24cの出力波形(時間tと電圧Eとの関係)は、図16(b)に示すようになる。即ち、光電変換素子24a、24bが測定領域Mの一端部Msをある時間の間(時間t₅から時間t₆)に通過する標準粒子の散乱光L_sに応じた略パルス状の電圧(ピーク値E_a、E_b)を出力し、光電変換素子24cはノイズに応じた略レベル電圧(ピーク値E_c)しか出力しない。

【0065】同様に、標準粒子が、図12に示す測定領域Mの他端部Ms(一端部Msと対称の位置)を通過する場合で、標準粒子による散乱光L_sのスポットSは、図17(a)に示すように、光電変換素子24bと光電変換素子24cの境界にまたがって現れ、矢印方向に移動する。このとき、各光電変換素子24a、24b、24cの出力波形(時間tと電圧Eとの関係)は、図17(b)に示すようになる。即ち、光電変換素子24b、24cが測定領域Mの他端部Msをある時間の間(時間t₅から時間t₆)に通過する標準粒子の散乱光L_sに応じた略パルス状の電圧(ピーク値E_b、E_c)を出力し、光電変換素子24aはノイズに応じた略レベル電圧(ピーク値E_a)しか出力しない。

【0066】そして、位置検出手段27では、図13(a)に示すように、中央の光電変換素子24bのみにスポットSが現れた場合、演算部17aにおいて、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24aのピーク電圧E_aの比 E_a/E_b を演算し、 $E_a < E_b$ であるから、比 E_a/E_b としてほぼゼロ($E_a/E_b \approx 0$)の値を出力し、記憶部27bに記憶する。また、演算部27aにおいて、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24cのピーク電圧E_cの比 E_c/E_b を演算し、 $E_c < E_b$ であるから、比 E_c/E_b としてほぼゼロ($E_c/E_b \approx 0$)の値を出力し、記憶部27bに記憶する。

【0067】また、位置検出手段27では、図14(a)に示すように、一端の光電変換素子24aのみにスポットSが現れた場合、演算部27aにおいて、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24aのピーク電圧E_aの比 E_a/E_b を演算し、 $E_a > E_b$ であるから、比 E_a/E_b として非常に大きい値($E_a/E_b \approx \infty$)を出力し、記憶部27bに記憶する。同様に、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24cのピーク電圧E_cの比 E_c/E_b を演算し、 $E_c \approx E_b$ であるから、比 E_a/E_b として約1($E_a/E_b \approx 1$)の値を出力し、記憶部27b

に記憶する。

【0068】また、位置検出手段27では、図15 (a)に示すように、他端の光電変換素子24cのみにスポットSが現れた場合、演算部27aにおいて、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24aのピーク電圧E_aの比 E_a/E_b を演算し、 $E_a \approx E_b$ であるから、比 E_a/E_b として約1 ($E_a/E_b \approx 1$)の値を出力し、記憶部27bに記憶する。同様に、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24cのピーク電圧E_cの比 E_c/E_b を演算し、 $E_c > E_b$ であるから、比 E_c/E_b として非常に大きい値 ($E_c/E_b \approx \infty$)を出力し、記憶部27bに記憶する。

【0069】次に、位置検出手段27では、図16 (a)に示すように、光電変換素子24aと光電変換素子24bの境界にスポットSがまたがって現れた場合、演算部27aにおいて、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24aのピーク電圧E_aの比 E_a/E_b を演算し、 $E_a \approx E_b$ であるから、比 E_a/E_b として約1 ($E_a/E_b \approx 1$)の値を出力し、記憶部27bに記憶する。同様に、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24cのピーク電圧E_cの比 E_c/E_b を演算し、 $E_c < E_b$ であるから、比 E_c/E_b としてほぼゼロ ($E_c/E_b \approx 0$)の値を出力し、記憶部27bに記憶する。

【0070】また、位置検出手段27では、図17 (a)に示すように、光電変換素子24bと光電変換素子24cの境界にスポットSがまたがって現れた場合、演算部27aにおいて、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24aのピーク電圧E_aの比 E_a/E_b を演算し、 $E_a < E_b$ であるから、比 E_a/E_b としてほぼゼロ ($E_c/E_b \approx 0$)の値を出力し、記憶部27bに記憶する。同様に、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24cのピーク電圧E_cの比 E_c/E_b を演算し、 $E_c \approx E_b$ であるから、比 E_c/E_b として約1 ($E_c/E_b \approx 1$)の値を出力し、記憶部27bに記憶する。

【0071】なお、基準とする電圧は、光電変換素子24bのピーク電圧E_b以外の他の光電変換素子24a、24cのピーク電圧E_a、E_cでもよいし、また各ピーク電圧の和 ($E_a + E_b + E_c$)でもよい。要は、光電変換素子24a、24b、24cのピーク電圧の絶対値ではなく、基準電圧に対する各光電変換素子24a、24b、24cのピーク電圧の比(割合)から標準粒子による散乱光L_sのスポットSの位置を求める方が確度が高いからである。

【0072】以上のような5通りの場合について、図9に示す粒子情報参照テーブルと同様な、基準電圧を光電変換素子24bのピーク電圧E_bとした場合の粒子情報参照テーブルが作成できる。従って、光電変換素子24

bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24aのピーク電圧E_aの比 E_a/E_b と、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24cのピーク電圧E_cの比 E_c/E_b が分かれば、粒子情報参照テーブルを参照することにより、測定領域Mにおける粒子のZ方向の通過位置を5通りの中から識別することができる。

【0073】また、上記した5通りの通過パターン以外で、光電変換素子24aと光電変換素子24bの境界又は光電変換素子24bと光電変換素子24cの境界にスポットSがまたがって現れるような測定領域Mの経路を通過した場合であっても、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24aのピーク電圧E_aの比 E_a/E_b と、光電変換素子24bのピーク電圧E_bに対する光電変換素子24cのピーク電圧E_cの比 E_c/E_b が分かれば、比 E_a/E_b の値と比 E_c/E_b の値を粒子情報参照テーブルに当てはめることにより、測定領域Mにおける粒子のZ方向の通過位置を識別することができる。

【0074】本発明は、上述の発明の実施の形態に限定されるものではなく、例えば、フローセルの全体形状としては、L型のフローセル1、11や直線状のフローセル21を用いたが、要は流路の中心軸と集光光学系の光軸が一致するように配置できる形状であればよい。従って、レーザ光L_aと散乱光L_sとの光学的な関わりに影響を与えなければ、フローセルの全体形状は、屈曲又は湾曲形状であってもよい。

【0075】また、フローセルの断面形状として、上述の発明の実施の形態では、矩形的のものをを用いたが、円形のものでもよい。

【0076】また、本発明では、複数の光電変換素子から成る光検出手段の受光面を、流路の中心軸又はレーザ光軸に対して垂直に配置し、流路における粒子通過位置と粒子の散乱光の強度分布を検出した。しかし、粒子の散乱光の強度分布を検出せずに、流路における粒子通過位置だけを検出するのであれば、光検出手段の受光面を流路の中心軸とレーザ光軸に対して垂直に配置することもできる。

【0077】

【発明の効果】以上説明したように請求項1に係る発明によれば、レーザ光を照射した測定領域のレーザ光強度分布に伴う通過粒子の散乱光強度の大きさに影響されず、粒子が通過した流路の位置を検出することができる。

【0078】請求項2に係る発明によれば、レーザ光を照射した測定領域のレーザ光強度分布に伴う通過粒子の散乱光強度の大きさに影響されず、粒子が通過した流路の位置を検出することができる。

【0079】請求項3に係る発明によれば、レーザ光を照射した測定領域のレーザ光強度分布に伴う通過粒子の散乱光強度の大きさに影響されず、粒子が通過した流路

の位置を2次元で検出することができる。

【0080】請求項4に係る発明によれば、レーザ光を照射した測定領域のレーザ光強度分布に伴う通過粒子の散乱光強度の大きさに影響されず、粒子が通過した流路の位置を検出することができる。

【0081】請求項5に係る発明によれば、測定領域のレーザ光強度分布に伴う粒子の散乱光強度の大きさに影響されず、粒子が通過した流路の位置を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置の構成図

【図2】図1においてレーザ光を照射した測定領域の平面断面図

【図3】図1においてレーザ光を照射した測定領域の縦断面図

【図4】図1において光電変換素子アレイの受光状態(a)とそのときの出力波形(b)を示す図

【図5】図1において光電変換素子アレイの受光状態(a)とそのときの出力波形(b)を示す図

【図6】図1において光電変換素子アレイの受光状態(a)とそのときの出力波形(b)を示す図

【図7】図1において光電変換素子アレイの受光状態(a)とそのときの出力波形(b)を示す図

【図8】図1において光電変換素子アレイの受光状態(a)とそのときの出力波形(b)を示す図

【図9】粒子情報参照テーブル示す図

*【図10】本発明の第2の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置の構成図

【図11】本発明の第3の実施の形態に係る粒子通過位置検出装置の構成図

【図12】図11においてレーザ光を照射した測定領域の縦断面図

【図13】図11において光電変換素子アレイの受光状態(a)とそのときの出力波形(b)を示す図

【図14】図11において光電変換素子アレイの受光状態(a)とそのときの出力波形(b)を示す図

【図15】図11において光電変換素子アレイの受光状態(a)とそのときの出力波形(b)を示す図

【図16】図11において光電変換素子アレイの受光状態(a)とそのときの出力波形(b)を示す図

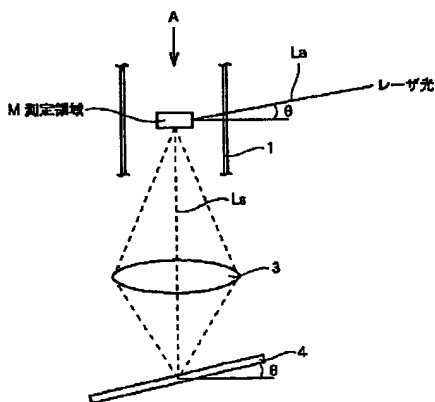
【図17】図11において光電変換素子アレイの受光状態(a)とそのときの出力波形(b)を示す図

【図18】従来の光散乱式粒子計数装置の構成図

【符号の説明】

1, 11, 21…フローセル、1a, 11a, 21a…直線流路、2, 12, 22…レーザ光源、3, 13, 23…集光光学系(集光手段)、4, 24…光電変換素子アレイ、4a, 4b, 4c, 24a, 24b, 24c…光電変換素子、5, 15, 25…処理装置、6a, 6b, 6c, 16a, 16b, 16c, 26a, 26b, 26c…ピーク値検出手段(電圧検出手段)、7, 17, 27…位置検出手段、14…光検出手段、20…トラップ。

【図2】

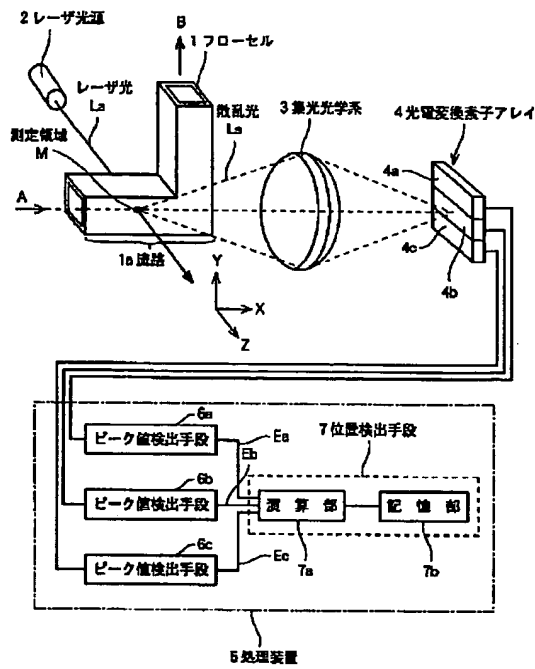


【図9】

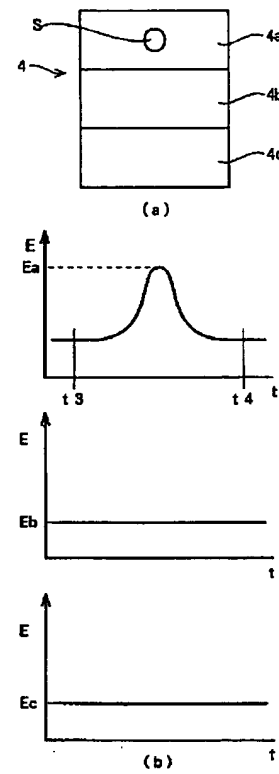
粒子情報参照テーブル

	光電変換素子4bの出力に対する 光電変換素子4aの出力の比 (E_a/E_b)	光電変換素子4bの出力に対する 光電変換素子4cの出力の比 (E_c/E_b)
光電変換素子4aのみに スポットが現れた場合	∞	≈ 1
光電変換素子4a, 4bの 境界にまたがって スポットが現れた場合	≈ 1	≈ 0
光電変換素子4bのみに スポットが現れた場合	≈ 0	≈ 0
光電変換素子4b, 4cの 境界にまたがって スポットが現れた場合	≈ 0	≈ 1
光電変換素子4cのみに スポットが現れた場合	≈ 1	∞

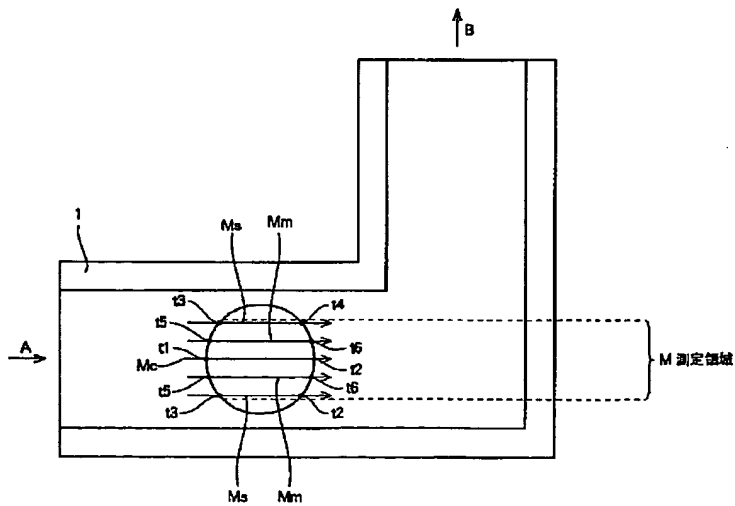
【図1】



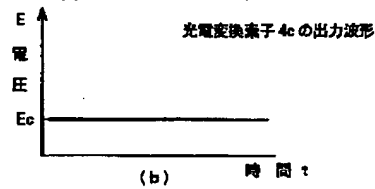
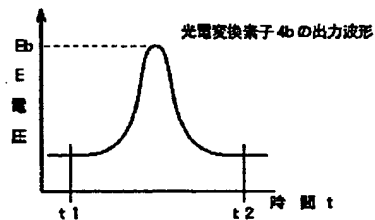
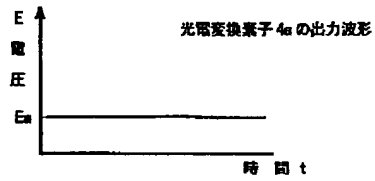
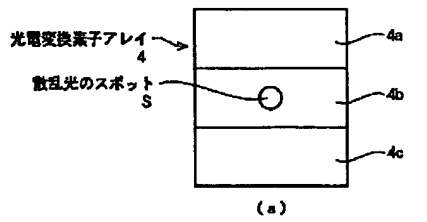
【図5】



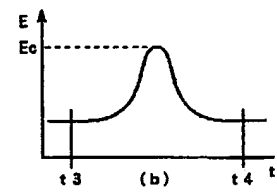
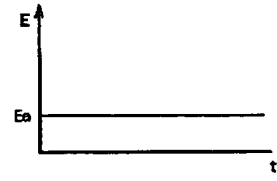
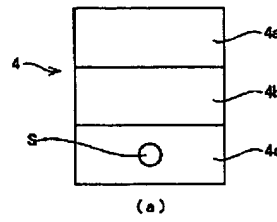
【図3】



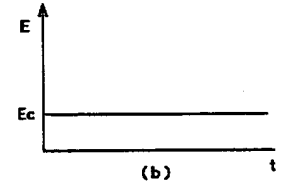
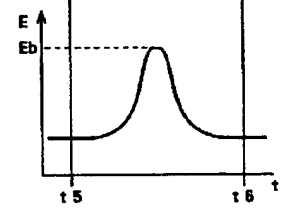
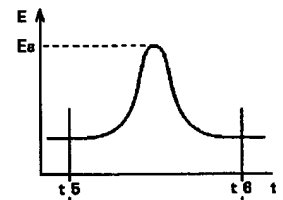
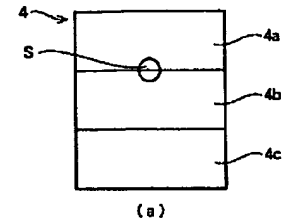
【図4】



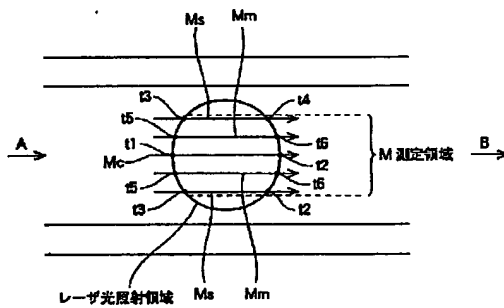
【図6】



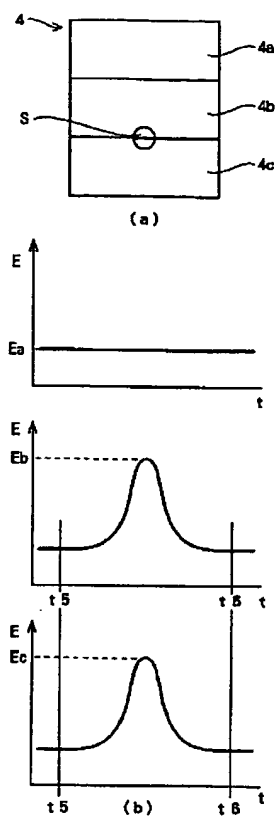
【図7】



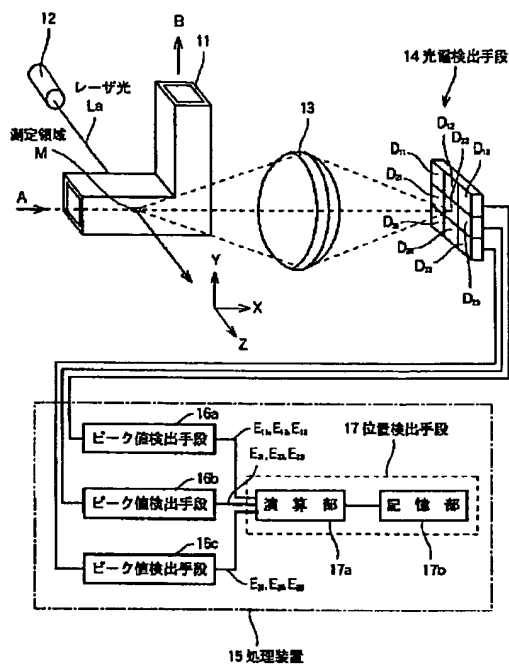
【図12】



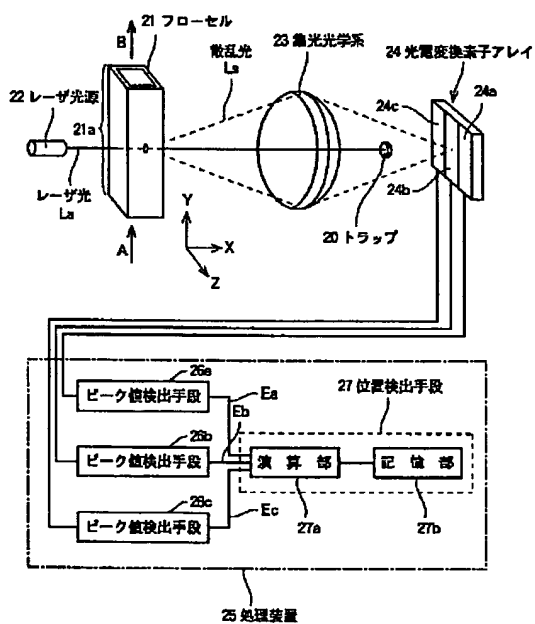
【図8】



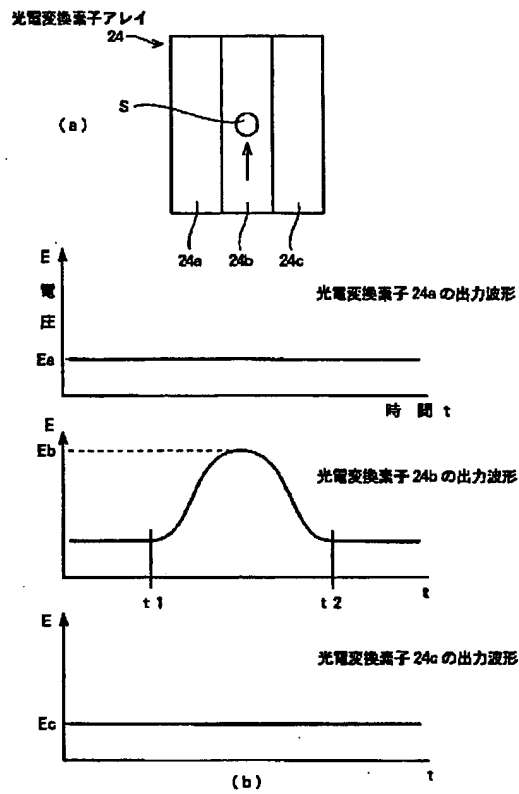
【図10】



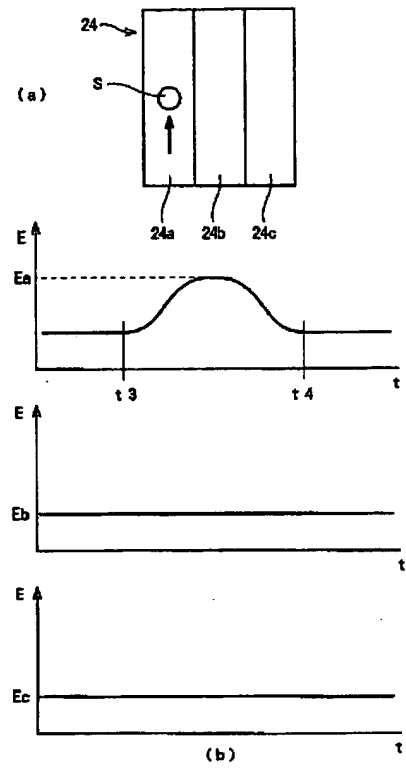
【図11】



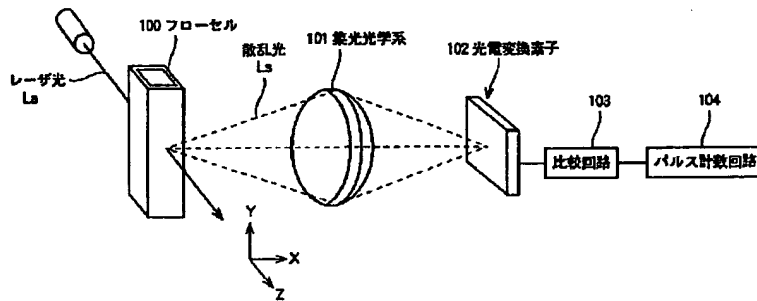
【図13】



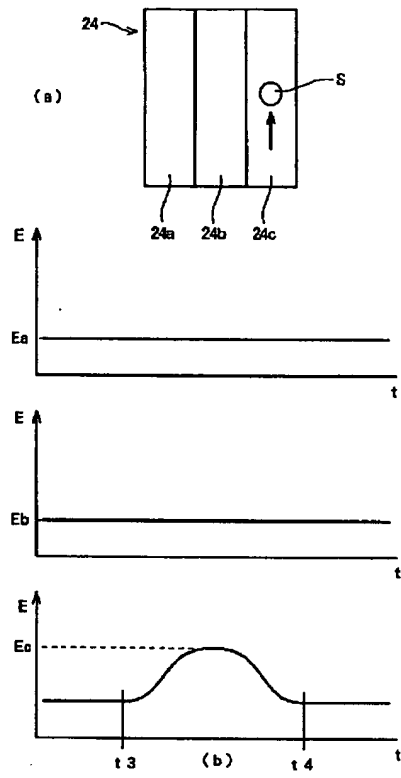
【図14】



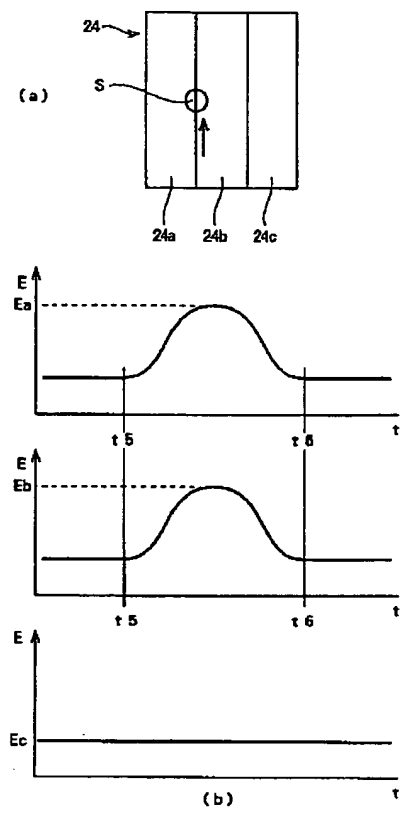
【図18】



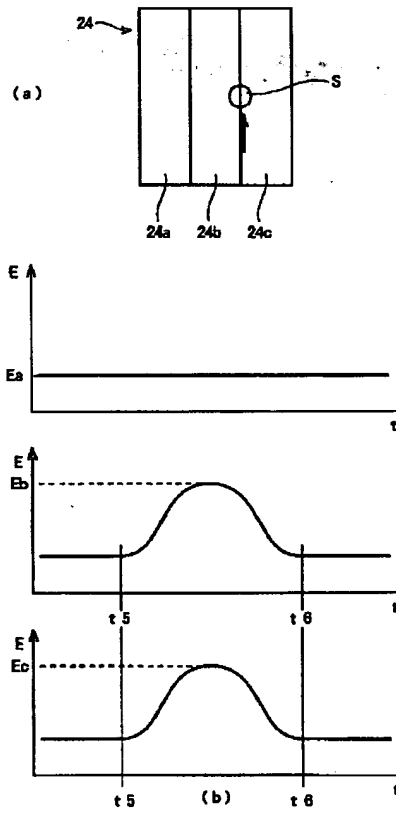
【図15】



【図16】



[図17]



THIS PAGE BLANK (USPTO)